

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F 1	技術表示箇所
H 01 J 37/28		H 01 J 37/28		B
37/20		37/20		D
37/244		37/244		
37/248		37/248		B

審査請求 有 請求項の数 5 FD (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-228833
 (62)分割の表示 特願平4-306205の分割
 (22)出願日 平成4年(1992)10月20日

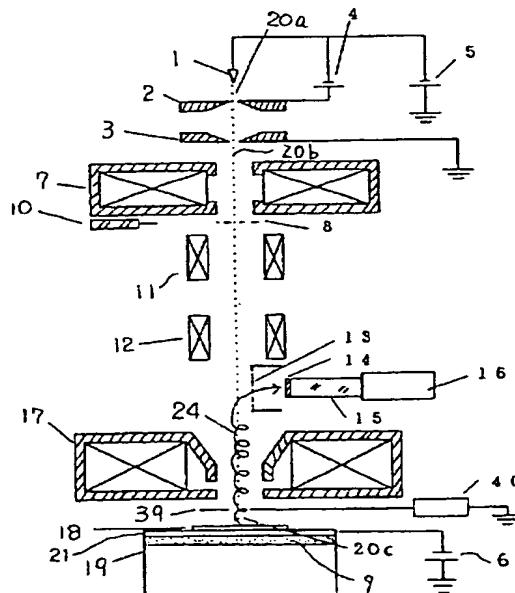
(71)出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (72)発明者 戸所 秀男
 茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立
 製作所計測器事業部内
 (72)発明者 大高 正
 茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立
 製作所計測器事業部内
 (74)代理人 弁理士 平木 道人

(54)【発明の名称】走査電子顕微鏡

(57)【要約】

【課題】対物レンズと試料との間に、電子線に対する減速電界を発生させる構造の走査電子顕微鏡において、減速電界による素子の破損を防止する。

【解決手段】対物レンズ17と試料18との間に制御電極39を設けた。この制御電極39に印加される電圧は、負電位が印加された試料18あるいは試料ステージと制御電極39との電位差の方が、試料18あるいは試料ステージと対物レンズ17との間の電位差より小さくなるように、電圧制御部40によって調整される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電子源から放出された一次電子線を試料上で走査し、当該試料から発生した二次信号に基づいて走査像を得る走査電子顕微鏡において、
一次電子線に対する減速電界を試料と対物レンズとの間に発生させる減速電界発生手段と、
前記試料と対物レンズとの間に配置された制御電極と、
前記制御電極に予定電圧を印加する電圧印加手段とを具備し、
前記予定電圧は、試料と制御電極との電位差が試料と対物レンズとの電位差よりも小さくなる値であることを特徴とする走査電子顕微鏡。

【請求項 2】 前記試料に負電圧を印加する手段は、
試料を固定する試料ホルダと、
試料ホルダを絶縁台を介して載置する試料ステージと、
試料ホルダに負電圧を印加する手段とから成ることを特徴とする請求項 1 に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項 3】 前記二次信号は、電子線通路外に設けられたシンチレータによって検出され、当該シンチレータと電子線通路との間には、二次信号を吸引する電位の供給された吸引電極が設置されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項 4】 前記二次信号は、中心部に電子線通路となる開口を具備したチャネルプレート検出器によって検出されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項 5】 前記二次信号は、単結晶シンチレータによって検出されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の走査電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、試料表面で電子線スポットを走査して試料表面の走査像を得る走査電子顕微鏡に係り、特に、低加速電圧領域で空間分解能の高い走査像を得ることの可能な走査電子顕微鏡に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体デバイス用試料におけるサブミクロンオーダー ($1 \mu\text{m}$ 以下) のコンタクトホールやラインパターンの観察用あるいは測長用として、走査電子顕微鏡が用いられている。

【0003】 走査電子顕微鏡では、加熱形又は電界放出形の電子源から放出された電子線を試料上で走査して二次的に得られる信号 (二次電子および反射電子) を検出し、この二次信号を電子線の走査と同期して走査されるブラウン管の輝度変調入力とすることで走査像 (SEM 像) を得ている。一般の走査電子顕微鏡では、負電位を印加した電子源と接地電位にある陽極間で電子源から放出された電子を加速し、接地電位にある検査試料に照射している。

【0004】 近年、走査電子顕微鏡が半導体製造過程または完成後の検査過程 (例えば電子線による電気的動作の検査) で利用されるようになってきた結果、絶縁物を帯電なしに観察することができるよう、 1000V 以下の低加速電圧で 10nm 以下の高分解能が要求されるようになってきた。

【0005】 すなわち、半導体デバイス用試料は、一般に Al や Si などの導体部の上に SiO₂ や SiN などの電気絶縁物を積層して構成される。このような半導体デバイス用試料に電子線を照射すると電気絶縁物表面が負に帯電 (以下、単にチャージアップと表現する場合もある) し、放出される二次電子の軌道が変化したり、一次電子線そのものの軌道が変化するようになる。この結果、SEM像に異常コントラストが発生したり、ひどい歪を生じる。

【0006】 このようなチャージアップに起因した像障害は、コンタクトホールの観察やラインアンドスペースの測長に重大な支障をきたすので、半導体製造プロセスの評価が難しくなるばかりか、半導体デバイスそのものの品質を確保する上で大きな障害となる。このため、従来では試料に照射される一次電子線のエネルギーが 1keV 以下である、いわゆる低加速 SEM が用いられていた。

【0007】 ところが、上記した従来技術では次のような問題点があった。すなわち、加速電圧が低くなると電子線のエネルギーばらつきに起因する色収差により分解能が著しく低下し、高倍率での観察が難しくなる。また、電子電流が少なくなると二次信号とノイズとの比 (S/N) が著しく低下し、SEM像としてのコントラストが悪くなり、高倍率、高分解能での観察が困難となる。特に、超微細加工技術で作られた半導体デバイスなどでは、コンタクトホールやラインパターンなどの凹部から発生する信号が微弱となり、精細な観察や測長を行う上で大きな障害となっていた。

【0008】 このような問題を解決する方法として、例えば、アイ・トリプルイー、第 9 回アニュアルシンポジウム オン エレクトロン イオン アンド レーザ ビーム テクノロジーのプロシーディング、176 頁から 186 頁 (IEEE 9th Annual Symposium on Electron, Ion and Laser Technology) では、電子源と接地電位にある陽極間での加速電圧は高く設定し、接地電位にある対物レンズと負電位を印加された検査試料の間に減速電界を発生させて試料に照射する電子線は減速されることにより、最終的に比較的低い加速電圧に設定し、色収差の低減とチャージアップの防止とを両立させた走査電子顕微鏡が提案されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 上記した従来技術では、半導体素子のように電気的な衝撃に弱い試料は電位の急峻な変化によって破壊する可能性があるため、試料

の装着や交換時における印加電位のオン／オフを慎重に行う必要があるなど、試料交換時等における取り扱いが難しいという問題があった。

【0010】本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、対物レンズと試料との間に、電子線に対する減速電界を発生させる構造の走査電子顕微鏡において、減速電界による素子の破損を防止することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明では、電子源から放出された一次電子線を試料上で走査し、当該試料から発生した二次信号に基づいて走査像を得る走査電子顕微鏡において、一次電子線に対する減速電界を試料と対物レンズとの間に発生させる減速電界発生手段と、前記試料と対物レンズとの間に配置された制御電極と、前記制御電極に予定電圧を印加する電圧印加手段とを設け、前記予定電圧を、試料と制御電極との電位差が試料と対物レンズとの電位差よりも小さくなるような値に調節するようにした。

【0012】上記した構成によれば、対物レンズと試料との間に発生した電界が制御電極によって緩和されるので、素子の破損を防ぐことができ、その取り扱いが極めて容易になる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明を詳細に説明する。図1は、本発明が適用される走査電子顕微鏡システムの概略構成図であり、当該システムは走査電子顕微鏡本体100および試料交換機構200から構成されている。図2は、図1の走査電子顕微鏡本体100の構成を示した図である。ここでは初めに、図1、2を参照して本発明の前提技術である減速電界について説明する。

【0014】図2において、陰極1、引出電極2、および陽極3は電界放出型電子銃を構成し、陰極1と引出電極2との間には引出電圧4が印加され、陰極1には加速電圧5が印加される。陰極1から放出された電子線20aは、引出電極2と接地電位にある陽極3との間に印加された電圧でさらに加速される。このため、陽極3を通過した電子線のエネルギー(加速電圧)は加速電圧5と一致する。また、試料18には試料ホルダ21を介して負の重疊電圧6が印加され、対物レンズ17と試料18との間には減速電界が形成されるため、試料18に照射される電子線の加速電圧は、加速電圧5から重疊電圧6を差し引いた電圧となる。

【0015】陽極3を通過して加速された電子線20bは、コンデンサレンズ7および対物レンズ17によって試料18上に収束される。対物レンズ17を通過した電子線は、対物レンズ17と試料18との間に形成された減速電界で減速され、実質的に加速電圧5から重疊電圧6を差し引いた電圧に相当するエネルギーで試料18に到達する。

【0016】対物レンズ17での電子線の開き角は、コンデンサレンズ7の下方に配置された絞り8で決められる。絞り8のセンタリングは調整つまみ10を操作することにより行われる。加速された電子線20bは上走査コイル11および下走査コイル12で偏向され、試料18上では、減速電界によって減速された収束電子線20cがラスター走査される。本システムでは、走査コイルを2段構成とすることで走査された電子線が常に対物レンズ17のレンズ中心を通るようにしている。

【0017】試料18は試料ホルダ21で固定され、試料ホルダ21は、水平調整等の位置調整が可能な試料ステージ19上に絶縁台9を介して載置される。試料ホルダ21には重疊電圧6が印加されている。減速された電子線20cが照射されて試料18から発生した二次電子24は、対物レンズ17と試料18間に作られた減速電界によって加速されて対物レンズ17内に吸引され、さらに、対物レンズ17の磁場の影響を受けて螺旋運動しながら上昇する。

【0018】対物レンズ17を通過した二次電子24は、対物レンズ17と下走査コイル12との間で電子線通路外に設けられて正電位が印加された吸引電極13で吸引され、10kV(正電位)が印加されたシンチレータ14によって吸引加速されてシンチレータを光らせる。発光した光はライトガイド15で光増倍管16に導かれ電気信号に変換される。光増倍管16の出力はさらに増幅されブラウン管の輝度変調入力になるが、ここでは図示を省略してある。

【0019】このような構成の走査電子顕微鏡によれば、コンデンサレンズ7、絞り8、対物レンズ17を通過するときの電子線(電子線20b)のエネルギーは最終段の電子線(電子線20c)のエネルギーよりも高いので、色収差が改善され、高分解能が得られた。しかも、試料に照射される一次電子線は減速されて低エネルギーとなっているので、試料のチャージアップも解消される。

【0020】具体的には、加速電圧(500V)のみを印加した時に15nmであったビーム径が、加速電圧(1000V)と重疊電圧6(500V)とを加算したことにより10nmに改善された。

【0021】また、図1において、電界放出陰極1、引出電極2、陽極3、コンデンサレンズ7、対物レンズ17、試料18、試料ホルダ21、絶縁台9、試料ステージ19等の構成要素は真空筐体61に納められている。なお、真空排気系は図示を省略している。

【0022】ここで、試料18に負電圧が印加されている状態では、試料交換機構77による試料交換や真空筐体61を大気にすることは避けなければならない。換言すれば、電子線が試料18上で走査されているときだけ重疊電圧6を印加するようすればよい。

【0023】そこで、本発明が適用されるシステムでは、試料の装着・交換時の準備動作である、スイッチS

1が閉じて加速電圧5が印加されている第1の条件と、陰極1と試料18との間に設けられたバルブG1、バルブG2の両者が開いている第2の条件と、試料交換機構77が試料18を試料ステージ19に載せるために通過するバルブG3が閉じている第3の条件とが全て満されたときのみ、スイッチS2が閉じて試料18に重疊電圧6が印加される制御が行われる。

【0024】また、試料ホルダ21と試料ステージ19とは放電抵抗Rを介して電気的に接続されおり、スイッチS2が開放されると試料18にチャージされた電荷が試料ホルダ21、放電抵抗R、試料ステージ19を介して一定の時定数のもとで速やかに放電され、試料18の電位が下がるようになっている。

【0025】なお、陰極1の周囲の真空が設定値以上である条件で加速電圧5が印加可能となる、あるいは真空管体61の真空が設定値以上のときのみバルブG1、G2が開放されるような通常のシーケンスが組まれていることは言うまでもない。

【0026】また、上記したシステムでは、上述の3つの条件のすべてを満足したときに重疊電圧6が印加されるものとして説明したが、これらの内の1つあるいは2つの条件が満たされたときにスイッチS2が閉じるようにも良い。

【0027】図3は、本発明の第1実施形態である走査電子顕微鏡のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態では、強い電界が印加されると不都合な試料を観察できるようにした点に特徴がある。

【0028】半導体集積回路では、強電界で素子が破損することがある。このような問題点を解決するために、本実施形態では対物レンズ17と試料18との間に制御電極39を設けた。この制御電極39に印加される電圧は、負電位が印加された試料あるいは試料ステージと制御電極39との電位差の方が、試料あるいは試料ステージと対物レンズ17との間の電位差より小さくなるように、電圧制御部40によって調整される。

【0029】本実施形態によれば、対物レンズ17と試料18との間に発生した電界が制御電極39によって緩和され、素子の破損を防ぐことができる。

【0030】図4は、本発明の第2実施形態である走査電子顕微鏡の主要部のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。

【0031】上記した第1実施形態では、二次電子24を吸引電極13により電子通路外に取り出して検出していたが、本実施形態では、チャンネルプレート検出器26を用いて二次電子を検出するようにした点に特徴がある。

【0032】同図において、対物レンズ17と下走査コイル12との間には、中央孔33を有する円板状チャンネルプレート本体25が設けられている。中央孔33の

径は走査コイル12で偏向された電子線20bが衝突しない大きさに設定される。また、チャンネルプレート本体25の下方にはメッシュ34が設けられている。

【0033】このような構成において、加速された電子線20bはチャンネルプレートの中央孔33を通過した後、対物レンズ17で収束されて試料18上に照射される。試料18で発生した二次電子24は対物レンズ17でレンズ作用を受け、発散しながら全面に置かれたメッシュ34を通過してチャンネルプレート25に入射する。チャンネルプレート25に入射した二次電子24はチャンネルプレート25の両端に印加された増幅電圧28で加速、増幅される。増幅された電子27はアノード電圧29でさらに加速されてアノード37に捕獲される。

【0034】捕獲された二次電子は増幅器30で増幅された後、光変換回路31で光32に変換される。光32に変換するのは増幅器30がチャンネルプレート25の増幅電圧28等でフローティングになっているためである。光32は接地電位の電気変換回路35で再び電気信号に変換され、走査像の輝度変調信号として利用される。この方式では二次電子ばかりでなく反射電子も検出可能である。明らかな様に、本実施形態によても前記と同様の効果が達成される。

【0035】図5は、本発明の第3実施形態である走査電子顕微鏡の主要部のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態では、所望の二次信号を選択的に検出できるようにした点に特徴がある。

【0036】同図において、チャンネルプレート25には、その電位を任意に制御できるフィルタ電圧36が印加される。例えば、フィルタ電圧36を重疊電圧6よりもさらに10ボルト程度の負電圧とすれば、試料から放出された二次電子および反射電子のうち、二次電子はチャンネルプレート25とメッシュ33の間に作られた逆電界で追い返され、エネルギーの高い反射電子のみを選択的に検出できるようになる。

【0037】また、二次電子を追い返す限界のフィルタ電圧36を測定すれば、試料の電位を知ることも可能で、このような機能を付加することにより、完成した半導体素子の機能検査を行うことができるようになる。

【0038】図6は、本発明の第4実施形態である走査電子顕微鏡のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。

【0039】上記した各4実施形態では、電界を利用して二次信号を偏向し、これを検出器で検出していたが、本実施形態では、磁界および電界を利用して二次信号を偏向するようにした点に特徴がある。

【0040】加速電圧が大きくなつて減速電界による最終段における電子線の減速比が小さくなると、試料に照射される一次電子線20bと試料から放出される二次電

子24とのエネルギー差が小さくなるので、二次電子24を吸引するために比較的大きな電界Eを吸引電極13により発生させると、当該電界Eによって一次電子20bも曲げられてしまう。

【0041】本実施形態は、このような問題点を解決するためになされたもので、磁界による電子線の偏向方向が電子線の進行方向によって異なることに着目し、電界Eによる一次電子線20bの偏向をキャンセルすると共に二次電子24の偏向量を補足するような磁界Bを発生させるようにしている。

【0042】すなわち本実施形態では、一次電子線20bが、吸引電極13の発生する電界Eによる偏向方向とは逆方向に偏向されるように磁界Bを発生させる。したがって、磁界Bの強度を適宜に制御することにより、電子線20bの電界Eによる偏向がキャンセルされる。

【0043】一方、二次電子24に対しては、磁界Bによる偏向方向と電界Eによる偏向方向とが同一方向になるので、二次電子の偏向量が大きくなつて二次電子の検出が容易になる。

【0044】図7は、本発明の第5実施形態である走査電子顕微鏡のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。本実施形態では、単結晶シンチレータを利用して二次信号を検出するようにした点に特徴がある。

【0045】同図において、単結晶シンチレータ55は、例えば円筒形状のYAG単結晶を斜めに切断し、その切断面に一次電子20bを通過させるための開口部57を設けたものであり、その先端部には金属またはカーボン等の導電性薄膜56がコーティングされており、接地電位が与えられている。

【0046】本実施形態では、コンデンサレンズ12で作られる一次電子線20bのクロスオーバー58が開口部57の近傍に来るようになり、対物レンズ17による二次電子24のクロスオーバー59は開口部57から離れた位置に来るようになる。このようにすれば、一次電子線20bは開口部57に遮られることなく、二次電子24も効率良く検出できるようになる。

【0047】なお、上記した第5実施形態では、シンチレータの発光部とライトガイドと共にYAG単結晶により構成するものとして説明したが、二次電子を検出する発光部のみをYAG単結晶で形成し、他の部分はガラスや樹脂などの透明性部材で構成するようにしても良い。

【0048】図8は、本発明の第6実施形態である走査電子顕微鏡の主要部のブロック図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。

【0049】本実施形態では、電子銃を構成する陽極を省略し、接地された引出電極2と陰極1との間に印加された引出電圧4で電子線を加速する。引出電圧4で加速された電子は対物レンズで17で収束されて試料18に

向かう。試料18には加速電圧5の正極側が接続されている。このとき、低加速電圧の領域では加速電圧5より引出電圧4の方が高いので、電子線は対物レンズ17と試料18の間で減速されて試料に到達する。電界放出陰極を用いた典型的な例では、引出電圧が3kV、加速電圧が1kVである。このような構成によれば、陽極および重畳電圧源が省略されるので、構成が簡素化される。

【0050】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、試料に負電位を印加して対物レンズとの間に減速電界を発生させることにより、試料に照射される電子線を減速させて色収差の低減とチャージアップの防止とを両立させた走査電子顕微鏡において、対物レンズと試料との間に制御電極を設け、この制御電極39に、試料あるいは試料ステージと対物レンズとの間の電位差の方が、試料あるいは試料ステージと対物レンズとの間の電位差より小さくなるような負電圧を印加したので、対物レンズと試料との間に発生した電界が制御電極によって緩和され、素子の破損を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を適用した走査電子顕微鏡システムの構成図である。

【図2】 図1の走査電子顕微鏡部の構成図である。

【図3】 本発明の第1実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

【図4】 本発明の第2実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

【図5】 本発明の第3実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

【図6】 本発明の第4実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

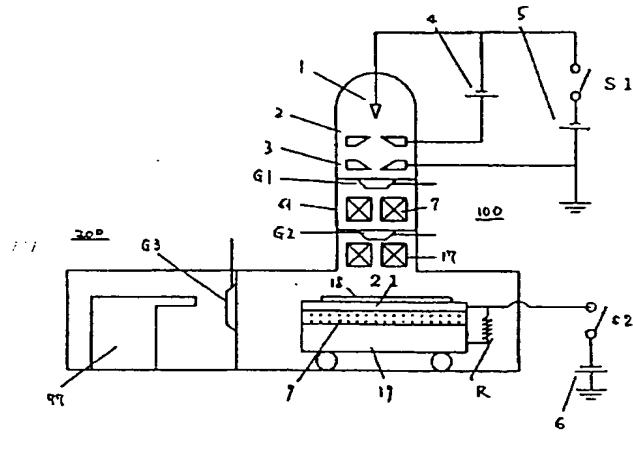
【図7】 本発明の第5実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

【図8】 本発明の第6実施形態である走査電子顕微鏡の構成図である。

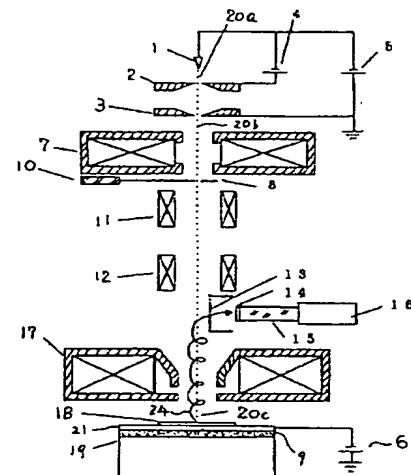
【符号の説明】

1…陰極、2…引出電極、3…陽極、4…引出電圧、5…加速電圧、6…重畳電圧、7…コンデンサレンズ、8…絞り、9…絶縁台、10…調整つまみ、11…上走査コイル、12…下走査コイル、13…吸引電極、14…シンチレータ、15…ライトガイド、16…光増倍管、17…対物レンズ、18…試料、19…試料ステージ、20…一次電子線、21…試料ホルダ、24…二次電子、25…チャンネルプレート、28…増幅電圧、29…アノード電圧、30…増幅器、31…光変換回路、33…中央孔、34…メッシュ、35…電気変換回路、36…フィルタ電圧、37…アノード、39…制御電極、40…電圧制御部、55…単結晶シンチレータ、56…導電性薄膜、61…筐体、77…試料交換機構

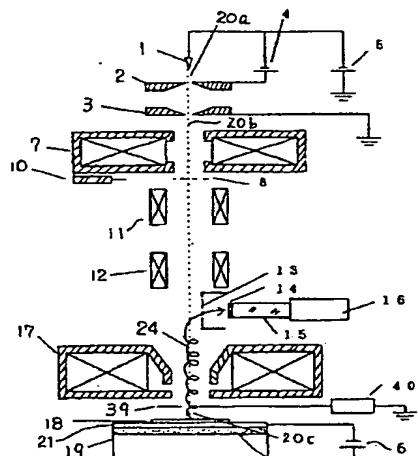
[四 1]



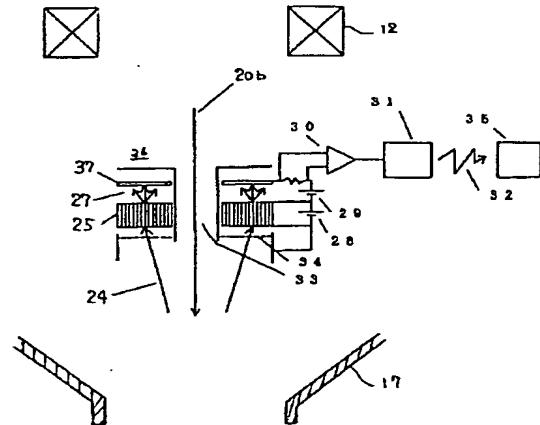
[図2]



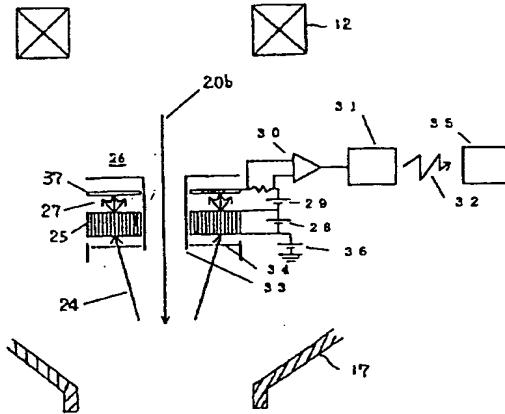
[3]



[図4]

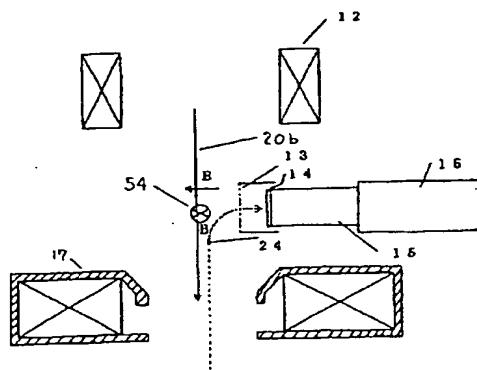


【图5】

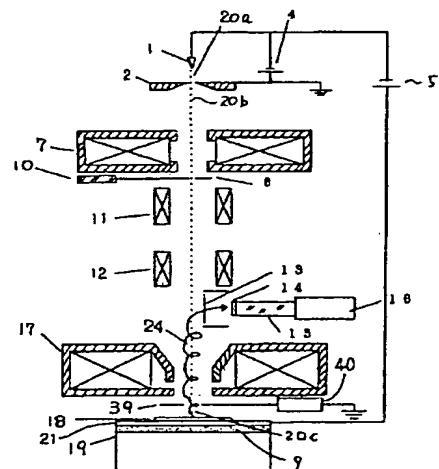
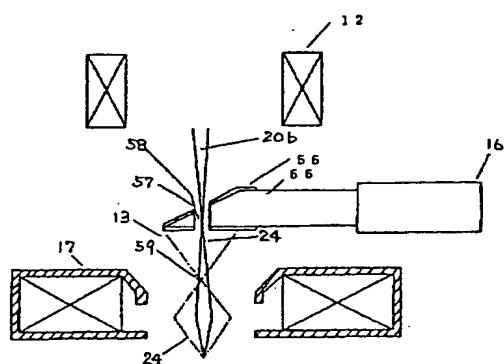


〔图7〕

[図 6]



[図8]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.